

エンジニアリングデザインに関するJABEE国際シンポジウム
2004年12月5日(二日目)(8:30~12:30)
デザイン教育のための学修・教育目標と教育方法および評価
グループ別討議 グループB 電気・電子・情報・通信分野

各国ならびに日本のエンジニアリングデザイン教育の現状 と課題

場所: 六本木アカデミーヒルズ49 タワーホール

篠田庄司(中央大学)

shinoda@m.ieice.org

電子情報通信学会 認定企画実施委員会委員長
JABEE運営委員会委員

目次

1. JABEEが加盟を目指すWAとは
ABET？
2. WA加盟国でのエンジニアリングデザインについての
（実質的同等の意味での）認識
3. WAでの、アメリカ以外の国のエンジニアリングデザイン、
ある程度の多様性
4. 日本でのエンジニアリングデザイン、何が問題となっ
ているか、対策は？

JABEEは、現在WAに暫定加盟し、来年に、WAに正式加盟（Signatories の一員）となることを目指している。

なお、WAとは

WAとは

- ・ 米国, 英国, カナダ, オーストラリア, ニュージーランド, アイルランド, 南アフリカ, 香港が一つの国際相互承認協定としてのワシントンアコード (Washington Accord) を結び, 同様の認定制度で「技術者教育の相互承認」を行っている。

WAのメンバーとなった機関と加盟日

Country or Territory	Signatory Organisation	Date of Entry
Australia	Institution of Engineers, Australia	1989
Canada	Canadian Council of Professional Engineers	1989
Hong Kong	Hong Kong Institution of Engineers	1995
Ireland	Institution of Engineers, Ireland	1989
New Zealand	Institution of Professional Engineers New Zealand (IPENZ)	1989
South Africa	Engineering Council of South Africa	1999
United Kingdom	Engineering Council	1989
United States	Accreditation Board for Engineering and Technology	1989

WAの暫定加盟機関

Country or Territory	Signatory Organisation	Status
Japan	Japan Accreditation Board for Engineering Education	Provisional - 2004
Germany	Accreditation Agency for Study Programs in Engineering, Information, Natural Sciences and Mathematics	Provisional - 2004
Malaysia	Engineering Accreditation Council of Malaysia	Provisional - 2004
Singapore	The Institution of Engineers Singapore	Provisional - 2004

Key Elements of the WA

1. A recognition of **substantial equivalence**.
2. An agreement between accreditation agencies for mutual recognition of accreditation decisions.
3. Signatories agree to share best practice through a range of actions including the use of invited observers.
4. Signatories are required to make efforts to ensure that bodies responsible for licensing and registration of engineers accept the substantial equivalence of accord recognised degrees.

Key Elements of the WA

5. The Accord (currently) applies only to accreditations conducted by signatories within their territorial boundaries.
6. New members need **the unanimous approval of the existing signatories**.
7. Potential new members are first given **provisional status** for a period of time during which their accreditation practices are comprehensively reviewed.
8. Appropriate Rules and Procedures have been established for the operation of the Accord and for modification of the Rules.

2005年7月に、日本がWAのメンバーになれるかが、このルールで決まる

WAでの技術者教育の相互承認とは

加盟各国が、米国での技術者教育（工学教育）の
ア krediteーション機関である

ABET (Accreditation Board for Engineering
and Technology:米国工学教育認証会議)

の認定方式に準拠（又は一部修正）して認定した
技術者教育プログラムの卒業生を同等の能力と
認め合うものである。

ABETでのプログラム認定には

Engineering Accreditation

Computing Accreditation

Applied Science Accreditation

Technology Accreditation

の4種類があり、***Engineering Accreditation***
の分野で行なわれる認定が、

技術者教育プログラム

(engineering program)の認定

ABETでのプログラム認定のうち

Engineering Accreditationと、残りの
***Accreditation (Computing Accreditation,
Applied Science Accreditation, ならびに
Technology Accreditation)***

を明確に区別するものが

Engineering Design

Engineering Accreditation の基準での
ABET Program Outcomes

(Effective 2005-2006)

におけるエンジニアリングデザイン能力の関係事項

Engineering programs must demonstrate that students attain:

- c) An ability to design a system, component, or process to meet desired needs within realistic constraints such as economic, environmental, social, political, ethical, health and safety, manufacturability, and sustainability.*

その基準の2004－2005年版の基準項目4の(b)
に記述されているエンジニアリングデザインの事項

(b) One and one-half year of engineering topics, consisting of engineering sciences and engineering design appropriate to the student's field of study.

The engineering sciences have their roots in mathematics and basic sciences but carry knowledge further towards creative application. These studies provide a bridge between mathematics and basic sciences on one hand and engineering practice on the other.

Engineering design is the process of devising a system, component, or process to meet desired needs. It is a decision-making process (often iterative), in which the basic sciences, mathematics, and the engineering science are applied to convert resources optimally to meet these stated needs.

分野別要件 : Program Criteria for Electrical, Computer,
and Similarly Named Program
におけるエンジニアリングデザインに関する部分

*The program must demonstrate that graduates have:
knowledge.....necessary to analyze and design complex electrical
and electronic devices, software, and systems
.....as appropriate to program objectives.*

それでは、**WA**加盟国での
エンジニアリングデザインはどうなっているか

WA加盟国では、 エンジニアリングデザインとは

技術者教育において非常に重要な柱で、実質的に同等 **substantial equivalence** の意味で

①数学、②基礎科学、③Engineering Sciencesおよび④補完的な学習 (complementary studies) の成果を集約し、社会的ニーズに合ったシステム、エレメント (コンポーネント)、プロセスを開発することで、分野により異なる経済的、健康、安全、環境、社会的制約などの制約のもとに行われる創造的、協同的で、オープンエンドなプロセス

と認識されている。

- ①数学とは、線形代数、微積分、微分方程式、確率、統計、数値解析、離散数学を意味し、
- ②基礎科学とは、理学、化学、生命科学、地球科学を意味し、
- ③Engineering Sciencesとは、数学と基礎科学を創造的に応用、数学的・数値解析的技術、モデリング、シミュレーション、実験方法の利用、電気・電子回路、自動制御、材料力学、熱力学、流体力学、コンピュータサイエンスなどの応用を意味し、
- ④補完的な学習とは人文科学、社会科学、アート、マネジメント、エンジニアリング・エコノミクスなどを意味する。

WAでの、アメリカ以外の国の エンジニアリングデザインについて

イギリス

デザイン能力が重要視されている

ECUK(Engineering Council UK)では、最近、従来のものを置き換える形でUK-SPEC(United Kingdom Standard for Professional Engineering Competence)というものを新しく設定し、それで要求される能力を担保するために必要な学術的要求として教育プログラムの認定が、各専門学協会によって行なわれている。なお、アウトカムズ評価のための共通なOutput Standards for Accredited Engineering Programmesは、2004年5月に設定され、公開されたばかりである。

注目すべきことは、プログラムの修了生には、学部(3年)卒業の場合

BEng(Hons) (Bachelor's Degree with honours in engineering or technology)の学位

が与えられ、大学院修士課程修了の場合

integrated MEng (Master Degree of Engineering)の学位が与えられる。

すなわち、この認定は

学位認定

の意味で、その認定によってChartered Engineerへ

の登録の道が開かれる。(ABETでは、プログラム認定で、その後FE試験への道が開かれる。)

学部のデザイン能力については、「**経済的に可能な製品、プロセス、システムを特定のニーズに合致するように創造し、開発することである**」とされ、それには大きな技術的、知的挑戦が含まれ、

- ✓ 調査し、問題を発見し、環境や持続的限界、健康と安全およびリスクアセスメントなど制約条件を認識する。
- ✓ 顧客やユーザーニーズや美的要素の重要性について理解する。
- ✓ コスト因子を把握し、対応する。
- ✓ 革新的な解決を行なうための創造性を発揮する。
- ✓ 生産、運転、メンテナンス、廃棄などすべての観点から見て合目的かを確認する。
- ✓ デザインプロセスをマネージし、成果を評価する

を行なうための知識、理解、スキルが求められている。

大学院修士課程のデザイン能力については、学士レベルに加えて、

- ✓ デザインプロセスと方法論についての広い知識と総合的な理解
および未経験な状況下においてそれらを応用あるいは適用する能力
- ✓ 新しいニーズを満たすために製品、システム、コンポーネント、プロセスの革新的デザインを生み出す能力

が求められている。

アイルランド

2003年11月に、認定基準をABETやEUCKを参考に、アウトカムズ評価の認定基準に変更した。デザインについては、

The ability to design a system, component or process to meet specified needs, to design and to conduct experiments and to analyse and interpret data.

とし、その達成には、

………… デザインの学習には、それぞれの製品やプロセスに固有のデザインおよび技術に関する共通的な原理が含まれる。

創造性そのものを教えることは困難かもしれないが、学生は明白でルーチン的なものを超えて考えることを学び、実在する問題を解決する勇気をもち、未解決の問題に挑戦する機会を与えられることによって創造的プロセスについての自覚が生まれてくる。

エンジニアリングは究極的には実用的な営為であり、革新性ということには実験室でアイデアを実証したり、必要な情報を得るための研究も含まれる。これらの営為には技術的分析や結果についての批判的評価を伴うものでなければならない。

それによって学生は

- ✓ エンジニアリングシステムを認識し、分類し、記述できる。
- ✓ 新しいソフトウェアに基づくシステムをデザインし、開発するためにエンジニアリング原理を使いこなせる。
- ✓ デザイン上の制約によるリスクアセスメントや社会あるいは環境への負荷を配慮できる。

の能力を修得できる。

アイルランドは知識集約型産業、特に、Software Engineeringの育成に力を入れている。

カナダ

デザインとしては、WA加盟国でほぼ共通に認識されているものを採用し、さらに、

研究でも、デザイン要素が含まれて入れているならば、デザインとしても良いとしている。

なお、授業はPEによる指導が望ましいとされている。

それでは、日本でのエンジニアリングデザインに対する認識は

WA加盟国でのエンジニアリングデザインの認識と比較して、何が問題となるか？

デザイン能力は、JABEEとしても技術者教育の中核部分をなすものと認識し、基準1の(1)(e)で

「種々の科学・技術・情報を利用して社会の要求を解決するためのデザイン能力」

を要求している。

また、「認定・審査の手順と方法」でも、デザイン能力に関して

- (i) デザイン能力とは、単なる設計図面制作の能力ではなく、構想力、種々の学問・技術を統合して必ずしも正解のない問題に取り組み、実現可能な解を見つけ出していく能力」
- (ii) 種々の学問・技術の具体的内容が明確であるか審査する。」
- (iii) 分野によっては異なるが、社会のニーズの取り込み方、プロトタイプ作成と評価（性能のみならず、安全性、経済性、環境負荷なども含む。）、品質管理、創造性、問題解決力などを加えることが望まれる。」

と注記している。

しかし、それを

「社会が必要としている問題点を抽出し、取り得る解決策を、コスト等を含めて、検討・選択し、ときに創り出し、実施の上評価し、成果を発表するという一連の流れについてきちんと教育がなされているか(教員の以心伝心でなく、カリキュラムとして成立しているか)」というローズハルマン工科大学流に観ると、

学部教育で、どの程度のエンジニアリングデザイン能力を、どのよ
うな形で、身に付けさせるべきかプログラム側によって多様になっ
ているのが現状である。

特に、日本では、分野によっては、

「エンジニアリングデザイン」と「デザイン」の違いが十分に意識
されていないところに問題があると思われる。

ところで、ローズハルマン工科大学流とは

デザインについて、注文主のニーズを満足するための製品とかプロセスを、制約条件下で設計できる能力のことで、

- ✓ 顧客、注文主のニーズと制約条件を明確にした**設計仕様が作れること**
- ✓ 上述の課題に対する複数の解決策を考え出し、それらの解決策を評価し、妥当な解決策を選択することにより、**概念設計をなし得ること**
- ✓ 適切な設計ツールと方法論を用いて、**詳細設計をなし得ること**
- ✓ 製品とかプロセスの設計仕様が無駄のないものか過剰なものかテストし、**洗練することができること**
- ✓ 最終的な製品とかプロセスが、あるべき制約に対して標準的な形で適合していることを**文章で示せる制約条件下であること**
- ✓ 製品とかプロセス、関連文書を**注文主に説明し、引き渡せること**

を身に付けさせるもの

JABEEでは、当面、

エンジニアリングデザインの意味でのデザインの対象としては

- ① ハードに限定しない。
- ② 分野によってはソフトおよび研究におけるデザイン、すなわち、研究計画や実験装置の設計等も含めてよい。

として、対応している。

デザイン能力の獲得を卒研のみで行なうようにしている場合、

卒研担当の教員の多様性と卒研テーマの多様性から、

達成目標のエンジニアリングデザイン能力が卒研のどの部分で身に付いたかの根拠説明が求められたとき、

個別学生の卒研やその論文(実地審査で開示要求される資料の一つ)によっては、(すべての研究室で共通に設定される)卒研の達成目標とエンジニアリングデザイン能力獲得の達成目標の設定と根拠において、曖昧さが指摘され、一部が弱いとか抜けていると指摘される**恐れがある**。



『日本はデザイン教育が弱いのではないか』というコメントもある。

エンジニアリングデザイン教育への対応

- ① エンジニアリングデザイン能力の獲得のための科目を、卒研とは別に、単独(4年時に、前期と後期に、継続する2科目とすることも含め)で対応する。

デザインコンテスト、成果とプレゼンテーション、関連パテントファイル

例としては イリノイ大学のsenior design Iとsenior design II

例

イリノイ大学シカゴ分校の‘ある学科’では
エンジニアリングデザイン関連科目：4年

Two-Term Assignments

Senior Design I (ECE396; 2時間)
**Introduction to the principles and practice of product design:
specifications, evaluation of design alternatives, technical reports,
and oral presentations**

Senior Design II (ECE 397; 2時間)
**Application of engineering principles and optimization of the solution
of the design problem initiated in ECE396. Implementation and testing
of the design. Prerequisite: ECE396.**

その学科では、卒業論文は選択科目である。

レポート
例

Final report of 397 Senior Design
Spring 200x

The University of Illinois at Chicago
Department of yyyy engineering

Title: zzzz system

Prepared by: aaaa, bbbb, cccc

E-mail: aaaa @uic.edu, bbbb @uic.edu, cccc @uic.edu

Technical Advisor: Professor YYYY

プレゼンテーション
コンテスト
が行なわれ、
評価される

Table of Contents

1. Introduction

2 .Problem Statement and Solution

(Introduction, Problem Statement, Possible Solutions, Our Design)

3. Technical Analysis

(Introduction, Component Analysis)

4. Circuit Diagram

5. Conclusion

6. Cost Analysis (including Hourly Budget)

References

良いエンジニアリングデザイン教育を行なうには、

プログラム側

- エンジニアリングデザインの課題の選択と発見への機会作り
興味をそそる、やりがいのある、挑戦的な気持ちにさせる問題が理想的で、
企業パートナーとの協力関係構築(産業界との協力が重要)によって、ハードウェア、ソフトウェア、コンポーネントなどのリソースの提供だけでなく、ニーズのある課題(パテント情報と応用)との接触を増やすことが望まれる。
- 企業での実際のエンジニアリングデザイン経験を持つ教員や技術士資格を有する教員が少ないという問題があるため、それに対する対策として、実際のエンジニアリングデザイン経験を持ち、エンジニアリングデザイン教育に関心と熱意のある助手や嘱託を雇うなどの対応が望まれる。
- 適当なテキストや参考書がない、チーム作りの差、チーム間の課題のレベル差、チームワーク能力の評価、チームワークにおける個人の役割・貢献・獲得能力の評価、接触時間増と負担増など種々の問題があり、良いと思われるエンジニアリングデザイン教育には、担当者の適正、能力、労力が関係し、体系的な方法が確立されているわけではないので、試行錯誤のなかから模索されることになる。

などに留意が必要(エンジニアリングデザインに関するJABEE国際シンポジウムの2004年12月4日の発表でも、同様な意見が指摘された)

審査側

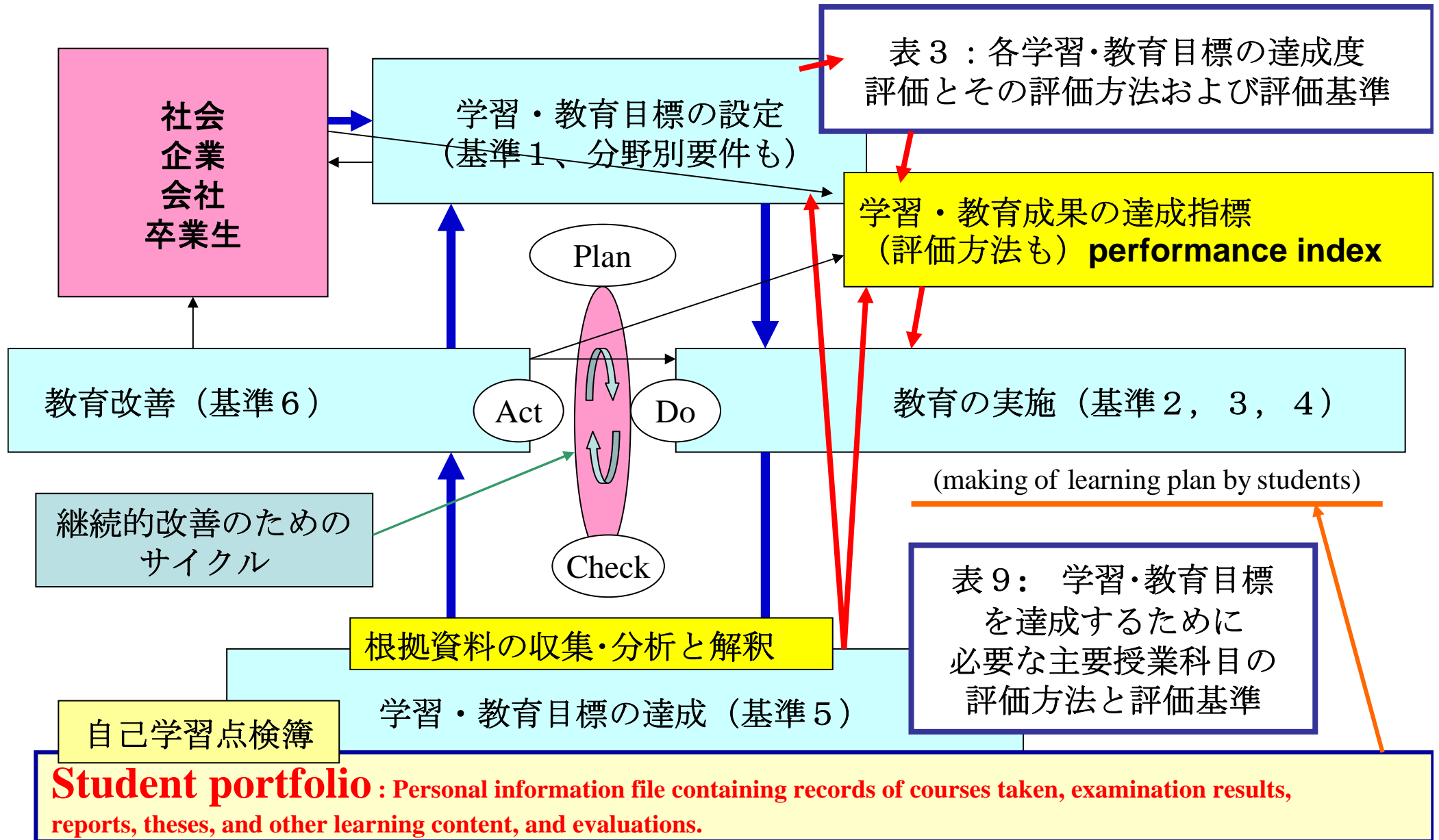
- エンジニアリングデザイン能力が個々の学生に身につけているかについてのプログラム側の根拠・証明が妥当であるかを、エンジニアリングデザインを教えている教員、補助者、施設・設備、最近の卒業生と雇用者との面接に時間を掛け、審査することが重要となる。

エンジニアリングデザイン教育への対応(続き)

- ② エンジニアリングデザイン能力を構成する要素を複数の科目(卒研の他にも、プロジェクト実験やいくつかの科目)に分解し、総合的には、どの学生も必ずデザイン能力の達成目標を満たすことを、根拠をもって、証明するかという対応もある。

根拠をもった証明の妥当性やその審査、チームの貢献と個人の貢献の評価とその審査、・・・これもまた、より良いと思われるエンジニアリングデザイン教育は試行錯誤のなかから模索されることになる。

認定審査における重視事項と基準項目の相互関係



Student portfolio : Personal information file containing records of courses taken, examination results, reports, theses, and other learning content, and evaluations.

具体的な学習・教育目標の設定と その目標の達成の評価

JABEE
自己点検書
の表

エンジニアリングデザイン能力獲得

プログラム提供側で設定した各学習・教育目標ごとの達成度評価

高等教育機関では単位性であるから

関係する科目(単一科目とは限らない)
の単位修得
(総合的な評価方法と評価基準)

高等教育機関では単位性であるから

各科目の単位修得
(科目ごとの評価方法と評価基準)

(表2)

表3

表6

表9

注： 単位性であるが、学習・教育目標によっては、ある科目(単一科目とは限らない)のなかで、いくつかの項目が達成されたことを根拠をもって証明することによっても達成度評価可能。ただし、そのときには、実地審査時には根拠資料を提示または開示することが必要である。

関連情報:

電子情報通信学会会誌

2004年12月号pp.1068-1102を参照

(なお、それを読まれるとき、その1085ページの上から2行目に、「と定義されている。…」を「と
(**実質的同等性の意味で**)認識されている。…」
と修正してください。)

この
スライドは
シンポジウム
後追加

2004年12月4-5日のエンジニアリングデザインに関する
JABEE国際シンポジウムで、共通認識できた
エンジニアリングデザイン能力には、

構想力、
創造性、
構想したものを図や文章、式、
プログラム等で表現できる能力、
経済性(コスト)・安全性・倫理性・環境への
影響等の観点から問題点を認識できる能力、
問題点を解決する能力、
継続的に計画し実施する能力、
コミュニケーション能力、
チームワーク力

などの要素が含まれる。

これは、WA加盟国で実質的同等性の意味で共通認識と
なっているエンジニアリングデザイン能力と整合性がとれる。

重要注意:

エンジニアリング
デザイン教育を
卒業研究で対応
する場合には、
卒業研究の内容、
実施方法の見直し
を含め、各分野で
エンジニアリング
教育方法とその
評価方法を今後
さらに改善すべき
である。

なお、WA加盟国では、技術者教育プログラム認定は、

Engineering Accreditation

(WAの対象)の範囲のもので、

Computing Accreditation

Applied Science Accreditation

Technology Accreditation

(WAの対象外)の範囲のものでない。また、それを明確に
区別するものが

Engineering Design

であることに、十分に留意。

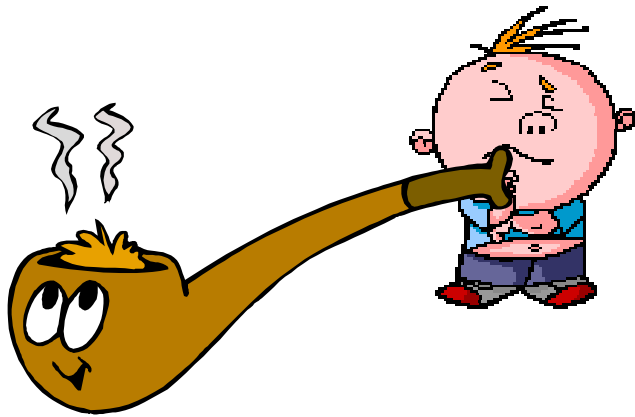
“WAの加盟で実質的同等性の意味で求められる”、
エンジニアリングデザインの教育と審査はどうあるべきかという視点では

日本の高等教育機関にとっても、
JABEEにとっても
経験を積み重ねることが重要……

なお、ABETにおいて、Emerging Disciplines and Blurring of Boundaries Among Disciplinesとして扱われる分野でのエンジニアリングデザインについてどう扱われるか、今後の動きに注視が必要

- *Informatics/Computing/Information Technology/...*
- *Bio-(fill in the blank)*
- *Nano-(fill in the blank)*
- *National Trends*
- *International Trends*

Theodore A. Bickart (IEEE Continuing Professional Education Chair)
at Workshop on “Engineering Accreditation Around the World”
6-8 November, 2004, Pathumwan Princess Hotel, Bangkok, Thailand
のスライドから



3年前のアメリカでの年間学部卒業生数

電気電子・計算機	約2万	←
機械	約1.3万	
土木・建設	約9千	
化学	約6千	

Comments

&

Questions

マジョリティ
IEEE

Answers?

この
スライドは
シンポジウム
後追加

2004年12月4-5日のエンジニアリングデザインに関する
JABEE国際シンポジウムで、共通認識できた
エンジニアリングデザイン能力には、

構想力、
創造性、
構想したものを図や文章、式、
プログラム等で表現できる能力、
経済性(コスト)・安全性・倫理性・環境への
影響等の観点から問題点を認識できる能力、
問題点を解決する能力、
継続的に計画し実施する能力、
コミュニケーション能力、
チームワーク力

などの要素が含まれる。

これは、WA加盟国で実質的同等性の意味で共通認識と
なっているエンジニアリングデザイン能力と整合性がとれる。

重要注意:

エンジニアリング
デザイン教育を
卒業研究で対応
する場合には、
卒業研究の内容、
実施方法の見直し
を含め、各分野で
エンジニアリング
教育方法とその
評価方法を今後
さらに改善すべき
である。